

《解説》

海上通信と GMDSS の見直し

～UEC コミュニケーションミュージアム展示品の背景～

片山 瑞穂

海事補佐人/片山海事技研事務所

UEC コミュニケーションミュージアム特任学術調査員

【目次】

0. はじめに	1
1. 船舶無線通信の略歴	1
2. 海上通信業務	2
3. GMDSS の施行	6
～現有機器の機能と運用～	
4. GMDSS の見直し	11
～GMDSS の改善/IMO での審議～	
5. 新技術の導入	14
～新規採用の技術と機器/IMO での審議～	
6. おわりに	16
《用語集》	18

0. はじめに

GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)とは、「海上における遭難及び安全に関する世界的な制度」であり、船舶がどこの海域で遭難したとしても、その発信する遭難警報がいかなる時であっても、陸上の救助機関や付近を航行する船舶に確実に受信され、陸上の救助機関と船舶とが一体となった通信網の中で効果的な救助活動を行うことを可能にする無線通信システムである。

本稿は GMDSS の制度及び機器について解説を行うこと目的とするが、UEC コミュニケーションミュージアム（以下、「ミュージアム」という。）には海上通信に関わる歴史的な機器が多数所蔵されていることから、ミュージアム見学の際の参考資料としていただくことで、展示品への理解を深める一助ともなれば幸いである。

1. 船舶無線通信の略歴

船舶に無線通信が導入されて以降、船舶通信士によるモールス電信通信は、GMDSS の施行に至るまでの約半世紀（1930 年代から 1990 年代）にわたって行われた。

1890 年代にマルコーニによって発明された無線技術は、1902 年に我が国の逓信省で初実

験に成功し、その翌年に日本海軍によって製品として開発された。一般商船に導入されたのは1908年で、陸と離れた洋上の船舶との通信手段としての無線電報の取扱いが開始された¹。

国際標準のモールス通信による海上通信が行われていたが、無線電信導入期は無線電報の取扱い開始による無線電報局の業務が主であった(図 1-1)²。

1933 年に SOLAS 条約³が制定されてからは、各条約締約国は国際航海をする船舶には無線電信機を搭載すること、並びに無線技術士を正式に船員として乗船させることが義務づけられた。

SOLAS 条約は、1912 年の巨大客船タイタニック号遭難事故の教訓から、遭難時の捜索・救助において無線電信が不可欠であるとの認識が広まったことにより制定された。SOLAS 制定後は条約の性質上、無線通信は遭難通信が主体であったが、海運の情報化が増す中で船舶通信士によるモールス電信海上通信技術の用途が高まり、遭難通信以外にも各種の業務が行われるようになっていった。

GMDSS 制度は、IMO (国際海事機関)⁴の「74SOLAS 条約の 1988 年改正」で採用された。1980 年代の技術レベルで検討が開始され、1999 年に全面施行され、約 20 年の運用を経験し今日に至っている。しかし、GMDSS 制度でも十分にカバーできなかった点や計画当初より約 40 年を経た古い技術による製品は、近年の電子技術の発展により見直されなければならない機運が生じた。

船用機器は、商用事務機器あるいは家庭用電化機器とは異なり、世界共通の海上航行の安全性の面から、任意に逐次新製品を採用することはできず、国際条約の下で標準化された製品が決められている。今日、GMDSS 制度は近代化計画 (Modernized-GMDSS) の下、SOLAS 条約以下の見直しが行われている。

次項からは、海上無線通信の基本的なタスクと GMDSS 機器の適用について述べ、GMDSS 制度見直しの審議経過を解説する。

2. 海上通信業務

後に述べる GMDSS 機器の機能と対比するために、1933 年から 1999 年までの間に行わ



図 1-1 模擬船舶無線局

(ミュージアム所蔵)

¹ 片山瑞穂「公衆電報の誕生」トークイベント第 5 回シナリオ (URL : <http://id.nii.ac.jp/1438/00009569/>)

² 図 1-1 は、UEC コミュニケーションミュージアムに模擬的に再現されている船舶無線局。帆船日本丸一世に実装されていたものを移設している。

³ SOLAS 条約 (海上人命安全条約) は、1912 年のタイタニック号海難事故を受けて制定された、船舶の安全確保を目的とする国際条約。30 回以上にわたり改正されている。

⁴ IMO(International Maritime Organization)は、海上の安全、船舶からの海洋汚染防止等、海事分野の諸問題についての政府間の協力を推進するために 1958 年に設立された国連の専門機関

れていた船舶通信士の基本的なタスクを以下に紹介する。

2.1 電報の取り扱い

モールス電信通信時代は、船舶局（船舶に設置された無線局）と通信を行うために、日本の場合には沿岸に海岸局（船舶局と通信を行うため陸上に開設する無線局）が 200～300km の中波通信圏をシームレスにカバーするように設置され、公衆電報の送受を行っていた。陸から船に宛てた電報は、該当の船が航行する海域の海岸局に届けられ、電報を受け取った海岸局は“定時の一括呼出し”の時に、手持ちの電報の宛先の船舶の呼出し符号を放送した。船舶局はこれを聴いて連絡を取り、電報を受信した。船舶局が自船の航行（通過）する海域の海岸局に入圏・出圏の都度、海岸局に連絡しておくことでこれが可能となった。

一方、船からの電報は航行海域を所轄する海岸局を呼び出して電報を送信し、陸上の電報回線を経由して宛名に配達された。

船舶は、日本沿岸を航行中は海岸局の通信圏の**中波海岸局**を、日本を離れて遠洋を航海する場合は**短波海岸局**（太平洋・南北アメリカ方面の航路は銚子無線局、欧州方面の航路は長崎無線局、豪州中距離航路は神戸無線局）を経由して地上との連携を保っていた（図 2-1）。

主な電報業務は、通信圏入出通知、気象電報、呼出し設定、電文送受信、中継、電報料金精算、配達、一括呼出し聴守、船間船客電報、年賀電報事前処理、業務連絡、本社指示、船長報告等々であった。

2.2 航海安全情報（航行警報）

船舶の安全のために、緊急に周知する必要がある情報を海上保安庁が発し、無線警報で周知が図られる放送の受信を行った。

主な受信内容は、軍事演習の海域と実施期間、海賊情報、遭難情報、流木情報、その他船舶の航行を阻害するものについての情報などであった。

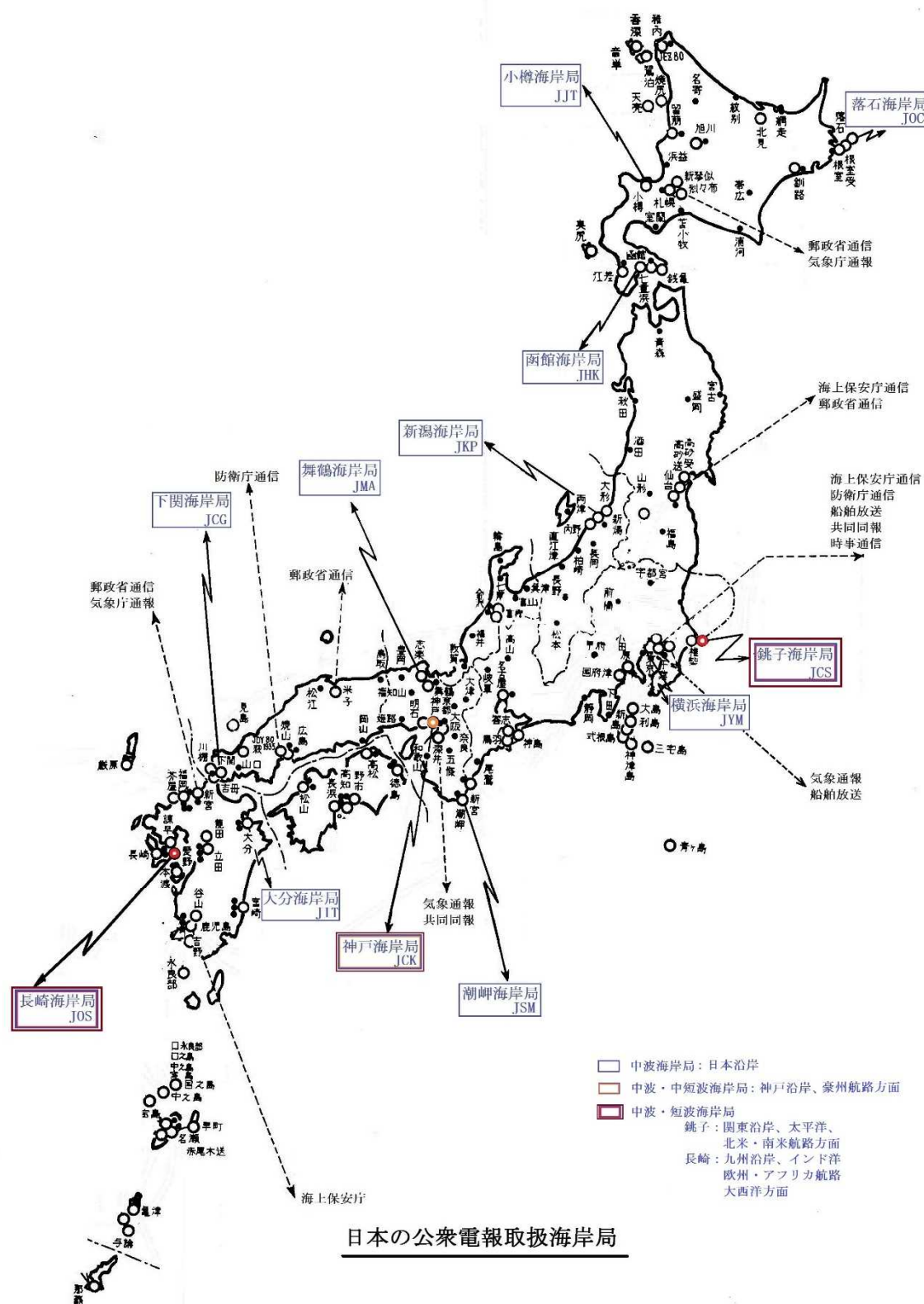
2.3 水路通報・海図情報

船舶交通の安全のために必要な情報の受信を行った。定時の水路通報や管区水路通報、あるいは緊急周知のための緊急放送が逐次モールス信号で放送されていた。

2.4 気象情報

気象情報などは単に信号を受信するだけでなく、天気図（図 2-2）も通信士が手書きで作成していた。モールスの数字で、定型の順で送られてくる情報を受信しながら天気図用白地図に記入して作成し、航路計画の参考にしていた。

洋上では、陸上における定点観測に相当するポイントはないので、各船舶がその位置の気象情報を定時に気象庁に電報で送っていた。気象庁はそれらの情報を基に天気図を作成し、船舶にはそれらを数字のモールス信号に展開して気象情報を放送していた。



作図：片山瑞穂

図 2-1 海岸局配置図

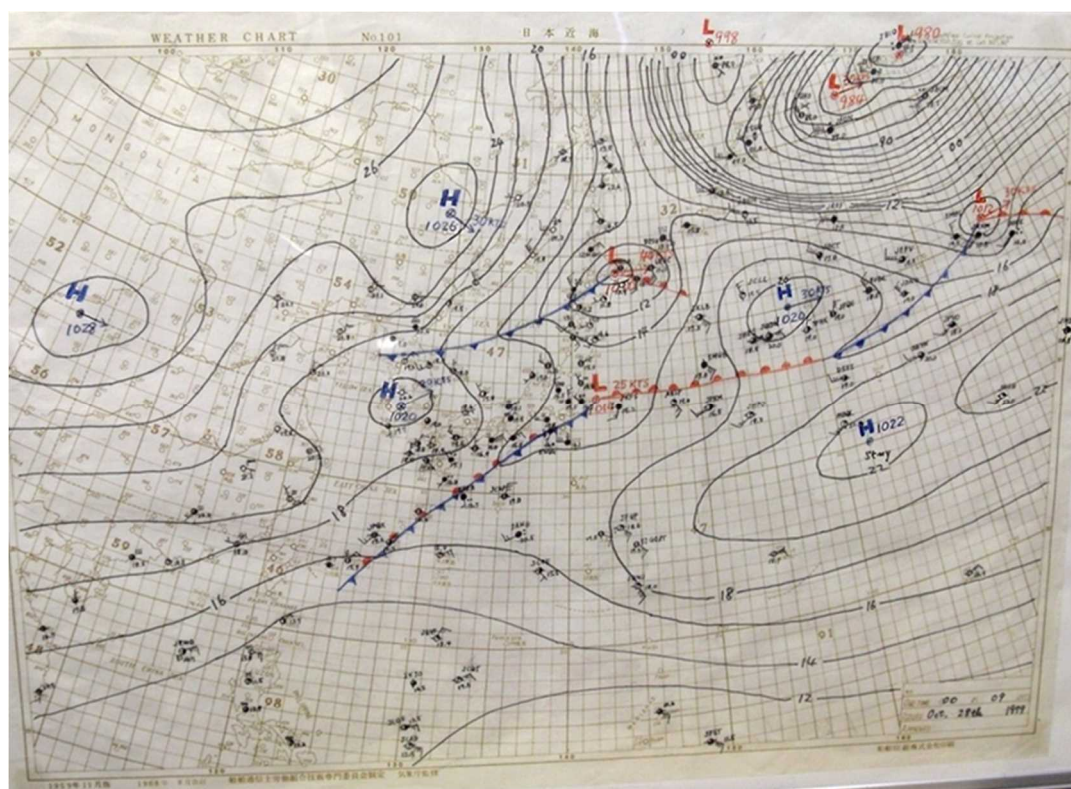


図 2-2 手書き作成天気図（ミュージアム第 4 展示室）

2.5 一般情報、ニュース

(1) 時報

外洋航行中の船舶でクロノメータ（航海用時計）を校正するための時報を受信した。これを基準周波数の調整にも利用した。

(2) 衛生情報

世界の各海港やそのエリアに発生した伝染病に関する情報放送を受信した。

(3) 新聞ニュース

共同通信社から放送される日々のニュースを受信し、乗組員への情報提供を行った。

2.6 国際遭難周波数の常時聴守

船舶局は、緊急事態や捜索・救助に備えて、国際遭難周波数（500kHz）の常時聴守が義務づけられていた。具体的には、次のような通信である。

(1) 遭難通信

略符号は SOS、略語は MAYDAY。船舶又は航空機が重大かつ急迫の危険に陥った場合に遭難信号を前置して行う無線通信である。

(2) 緊急通信

略符号は XXX、略語は PANPAN。船舶又は航空機が重大かつ急迫の危険に陥るおそれがある場合、その他緊急の事態が発生した場合に緊急信号を前置して行う無線通信である。これに遭難通信が続く場合があった。

(3) 安全通信

略符号は TTT、略語は SECURITE。船舶又は航空機の航行に対する重大な危険を予防するために安全信号を前置して行う無線通信である。

(4) 非常通信

略符号は OSO、略語は EMERGENCY。地震、台風、洪水、津波、雪害、火災、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合において、有線通信を利用することができないか又はこれを利用することが著しく困難であるときに人命の救助、災害の救援、交通通信の確保又は秩序の維持のために行われる無線通信である。

2.7 僚船の位置情報交換や中継などの送受

社船同士が地球上の各位置で、自船の位置を報告し合い、正常航行の確認を行った。

3. GMDSS の施行 ～現有機器の機能と運用～

SOLAS 制定後は、無線通信士による、国際遭難周波数 500kHz のモールス無線電信電波の聴守を主体とし、その後 2,182kHz と 156.8MHz の無線電話の国際遭難周波数が加わり、各船舶がこれらの電波の常時聴守を義務づけられていた。

遭難船舶はこれらの電波により遭難警報を送信して救助を求め、それを受信した付近にいる船舶が捜索・救助を行う船舶相互間救助が従来のシステムの原則となっていた。しかし、突如の船体の転覆や爆発など通信士が対応できない場合や、付近に船舶が航行していない場合など、すべての状況に対応できて確実な救助活動を行うことが困難な状況も想定された。伝統のシーマンシップの精神も法的拘束力はなかった。

そこで、当時の無線通信技術の発展と環境変化に対応して、更に安全確実な手段として GMDSS 制度が導入された。

IMO は、1979 年 SAR 条約⁵の勧告に基づき、世界中の海で空白域のない捜索救助体制を作り上げることを目的とした「全世界的な海上遭難システム」の開発を要請されていた。さらに海上通信においては、衛星通信、デジタル選択呼出(3.2.2 参照、以下「DSC」)、印刷電信等の新技術が導入され、「新しい海上遭難・安全システム」を開発することが避けられない情勢となっていたことが GMDSS 制度導入の背景にある。

人（船舶通信士）に替わる自動化・デジタル化を趣旨とする GMDSS の実施に関しては多く解説されているので省略するが、ポイントとなる事項に関して以下に解説する。

3.1 遭難救助通信システムの概要

GMDSS は、陸上の救助機関を中心に救助活動を調整しながら救助を行うことを基本とし、陸上と海上が一体となって通信網を構成する通信システム(図 3-1)である。原則として、地球上のどの海域で遭難しても必ず陸上の救助調整機関や付近航行の船舶が遭難警報を受信し、通信することができることを特徴として、1992 年から段階的に導入し、1999 年 2

⁵ 海上における遭難者を迅速かつ効果的に救助するため、IMO（国際海事機関）の前身である IMCO（政府間海事協議機関）の下で作成された多数国間条約（「用語集」参照）

月から完全実施された。

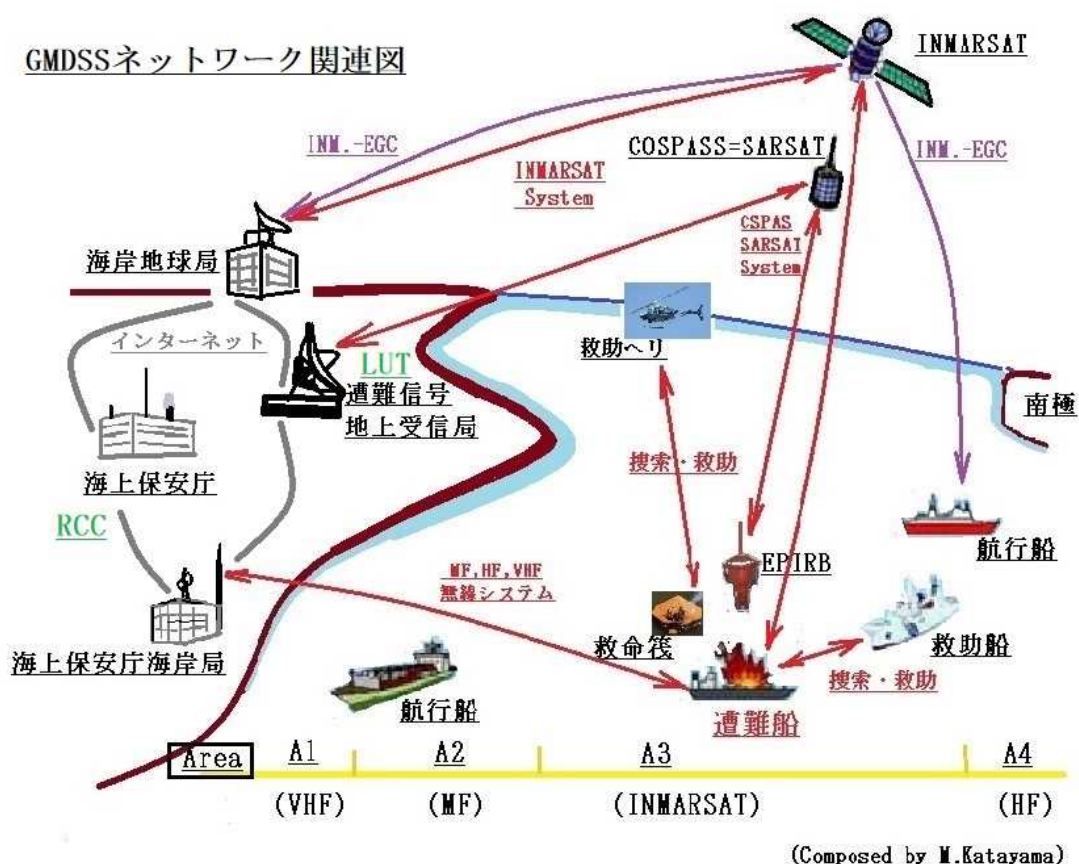


図 3-1 GMDSS ネットワーク

図 3-1 に基づき、GMDSS ネットワーク⁶による遭難船情報の伝達経路を以下に記す。

- (1) 遭難船の EPIRB (3.2.4 参照) から発した電波 (406MHz) を低軌道衛星 COSPASS-SARSAT (捜索救助を支援するための探査衛星) が受信する。
- (2) 低軌道衛星が周回しながら地球に向けて送信する電波を LUT (Local user terminal : 遭難信号地上受信局) が受信する。
- (3) LUT は、海事安全情報 (コード化された国籍および船名、固有 ID 番号、発信器の種類、GPS 位置メッセージ) を国内外のネットワーク上に配信する。
- (4) この情報を業務管理センターで分析し、RCC⁷から海岸局、衛星地球局、および関係先に伝送する。
- (5) 各船舶、あるいは航空機には、インマルサット (Inmarsat) 通信衛星地球局、MF

⁶ ミュージアムのエントランスに押ボタンランプ表示による GMDSS ネットワークの説明パネルがある。

⁷ Rescue Co-ordination Center (救助調整本部) の略称。「捜索救助業務の効率的な組織化を促進し、担当する捜索救助区域内の捜索救助活動の調整を行う責任を有する機関」のことであり、日本の場合は海上保安庁。

(中波)、HF (短波)、VHF (超短波) などを利用して伝達される。

伝達された情報に基づき、救助が行われる。遭難船または救命筏は SART (3.2.9 参照) を保有しているため、救助に向かう船のレーダーの探知レンジに入ると画像 (図 3-2) には遭難船位置から 12 個のドットが表示され、近づくにつれて遭難船を中心とする円形に変わり自船と遭難船の距離と方位を知ることができる。

現場に近づけば、VHF 無線電話装置を利用し、遭難者の負傷現状や救助に係わる連絡などについて、相互に直接の交信を行うことができる。

なお、補足であるが、図 3-1 中の A1~A4 は海域を意味しており、SOLAS (第 IV 章第 2 規則) で

は、次のように航行海域別を定義し、船舶における機器の搭載を義務づけている。

- ・「A1 海域」は、少なくとも 1 つの VHF 海岸局によって常時 DSC による警報が利用可能な無線電話通信圏内であり、各 SOLAS 加盟国が範囲を定義する。
- ・「A2 海域」は、A1 海域を除いて、少なくとも 1 つの MF 海岸局によって常時 DSC による警報が利用可能な無線電話通信圏内であり、各 SOLAS 加盟国が範囲を定義する。
- ・「A3 海域」は、A1 海域と A2 海域を除いて、常時警報利用可能なインマルサット 地球静止衛星の通信圏内の範囲を意味する。
- ・「A4 海域」は A1、A2 と A3 海域外の範囲を意味する。

3.2 GMDSS 制度で要求されている搭載機器

新制度により、従来の船舶通信士のタスクは以下の機器の運用によって網羅的に代替されることが期待された。

現有機器の機能と制度以前の通信業務タスクとを比較するために機器名と機能概要を列挙し、併せて、UEC コミュニケーションミュージアム (第 1 展示室あるいはエントランス) に展示されている同種製品も写真で紹介する。

3.2.1 双方向無線電話機 (Bidirectional Radiotelephony)

遭難現場での当事者同士の連絡用双方向 VHF 無線電話及び船舶航空機間双方向無線電話である。生存艇相互間、生存艇と捜索救助船 (又は捜索救助航空機) との間の通信を行うためのポータブル・トランシーバーであり、使用周波数帯は 150MHz、120MHz である。

3.2.2 デジタル選択呼出 (DSC : Digital Selective Calling)

国際 VHF 無線装置及び MF 帯及び HF 帯の電波を使用する装置に付加した機能である。自動化されたデジタル通信方式の機能で、船舶からの遭難警報・緊急・安全通信及び一般呼出通信に対応することができる。

3.2.3 高機能グループ呼出 (EGC : Enhanced Group Calling)

海域を特定して航行警報等の海上安全情報を送信するシステムである。遠洋を航行する船舶に対して、陸上からインマルサット静止衛星を経由して選定する。



図 3-2 船舶レーダーの画像

3.2.4 非常用位置指示無線標識 (EPIRB : Emergency Position Indicate Radio Bacon)

図 3-3 の機器。COSPAS/SARSAT 捜索救難システムに用いられる遭難救助用ブイである。

遭難の際、このブイのスイッチを入れるか、沈没の場合は水压 (4m 以上の水压) を感知すると本体が自動的に離脱浮揚し電波が発射される。

送信機は 406MHz 帯 (およびホーミング用の 121.5 MHz) の電波を自動発射し、COSPAS/SARSAT 衛星は、その電波を受信して 1.5GHz で、地上局(LUT)に向けて送る。LUT にて解読された EPIRB の位置を含む情報は、救難調整センター(RCC、日本の場合は海上保安庁)に送られ、航空機、船舶などによる捜索救難活動が開始される。406 MHz の送信信号には、識別符号(船舶の国籍・ID 番号、発信機の種類等)が含まれ、約 50 秒毎に、48 時間以上発信し続ける。



図 3-3 EPIRB

3.2.5 インマルサット - C 受信機 (Inmarsat-C)

図 3-4 の機器。国際海事機構が開設する人工衛星局の内の小型衛星局で、航海中に緊急事態が発生した時の遭難通報の送信や、特定の海域にいる船舶向けに放送される海上安全情報 (MSI) 放送 (EGC メッセージ) の受信をするなど、様々なデジタル化された情報を送受信できるデジタル衛星通信システムである。

GMDSS 制度の中で一般通信を行うために利用される装置である。



図 3-4 Inmarsat-C

3.2.6 中波/短波送受信機 (MF/HF Transceiver)

図 3-5 の機器⁸。中波/短波通信圏内で海岸局との間又は船舶相互間の呼出・応答を行う装置で、デジタル選択呼出装置 (DSC) を含む無線室の主送受信装置である。遭難船舶からの呼出信号を受信すると警報を発する機能を持つ。



図 3-5 送信機と全波受信機の一例

使用周波数帯は 2MHz~22MHz。

3.2.7 ナブテックス受信機 (NAVTEX : Navigation telex receiver)

図 3-6 の機器。518kHz (又は 424kHz) を使用して印刷電信により送信される、船舶が海上を安全に航行するために必要な強風警報などの気象に関する情報、漂流物などの安全な航海に関する緊急の情報、海氷などの航行障害物に関する情報、遭難船舶などの捜索救助に関する情報、等々の海上安全情報の放送を自動受信して、プリンターで自動的に印刷電信を行うための専用の装置である。遭難通信を受信したときには警報を発す



図 3-6 NAVTEX 受信機

⁸ 図中の「全波受信機」とは、通信用の中・短波帯すべてを受信できる機器のこと。

る機能を持つ。

また、送信局や情報の内容について航行警報、気象警報及び搜索救助警報を除き選択受信することができる。

3.2.8 RADAR (Radio Detection and Ranging : レーダー)

SART (3.2.9 参照) を受信するためのレーダーである。レーダーは、一般航海用レーダー要件に含まれるが、GMDSS では遭難船の位置探知に用いるため、搜索救助用トランスポンダーに反応する 9GHz 周波数帯が必要であり、航海用 X-バンド⁹レーダーが兼用される。



(新型レーダーの一例)

図 3-7 X-バンドレーダーの一例

図 3-7 左はミュージアムに展示中の、ブラウン管表示 PPI 方式の旧式航海用レーダーで、反射防止のフードがついている。現在一般に使われているのは LED ラスタースキャン表示器のレーダーである (図 3-7 右)。

3.2.9 SART (Search and Rescue Radar Transponder : 搜索および救助用トランスポンダー)

図 3-8¹⁰の機器。SART は救助船が遭難船に近づいた際に、容易に発見識別できるように、救助船のレーダー電波に反応して電波を送信するトランスポンダーである。

SART は救命艇に設置するか、救命筏に持ち込んで使用する。

救助船の X バンドのレーダー電波 (9GHz) を感知するとそれに応答して同周波数の電波をレーダー方向に発する。救助船では、この電波を受けたレーダーの画面上に約 12 個の 1 列に並んだ点が表示され、遭難船や生存艇の位置を確認することができる (図 3-2)。



図 3-8 SART

3.2.10 狭帯域直接印刷電信 (NBDP :Narrow Band Direct Printing)

遭難通信や海岸局から送信される海上の安全情報 (航行警報、気象警報) の信号を直接テレプリンター等に印字する装置であり、信号は変調速度 100 ボー、周波数偏移 170Hz の周波数偏移変調 (FSK) 無線電信である。

送信者と受信者がそれぞれキーボードを操作することにより通信内容が印刷できる無線テレタイプである。

3.2.11 超短波送受信機 (VHF Transceiver)

図 3-9 の機器。VHF 送受信機は、150MHz 帯で FM 方式を使用する装置で、空中線電力は海岸局が最大 50W、船舶局が最大 25W に規定され、国際航海に従事する旅客船および 300 総



図 3-9 VHF 送受信機の一例

⁹ X バンドはマイクロ波の周波数帯域の一つ。9GHz 帯にあたり、主に軍事通信やレーダー、気象衛星、高分解能の降雨レーダーなどで利用されている。

¹⁰ 写真は、JOTRON 社のホームページ(<https://jotron.com/product/tron-sart20/>)より。

トン以上の船舶に設置が義務付けられている。

周波数には、チャンネル番号が付与されていて、呼出周波数は CH16 (156.8MHz) であり、このチャンネルで相手局を呼び出し、連絡が設定できると種別に従ったチャンネルに移動して交信をする (CH16 は常に空けておく)。

VHF 送受信機は超短波帯の到達海域で、船舶が入出港の連絡、船位通報、航行の安全、遭難通信、外洋での船舶相互間通信などに使用する無線装置であり、デジタル選択呼出装置 (DSC) と接続又は組み合わせて、遭難、緊急、安全および一般通信等の呼出しができる条件を備えた海上移動業務用 FM 無線電話装置である。

4. GMDSS の見直し ～GMDSS の改善/IMO での審議～

GMDSS は国際貿易および海事産業に大いに貢献したが、1980 年代の技術がベースになっているものである。現行の GMDSS では本来の目的が完全に達成されていない機能も、最新技術を利用すれば装備が可能になることを踏まえ、2009 年の IMO 海上安全委員会 (MSC) において、システム全体の維持・安全性向上を目的とする見直し方針が承認された。そこで、2010 年の IMO NCSR 小委員会 (航行安全・無線通信・搜索救助小委員会) において、GMDSS 見直しの必要性、範囲、手法、スケジュール等に関する検討が開始された。

4.1 背景

GMDSS は、国際遭難周波数 500kHz の手動モールス電信システムと VHF 156.8MHz (CH16) および 2,182 kHz の無線電話に依存していた船舶の安全システムに代わり、人工衛星とデジタル技術を利用する制度である。国際電気通信連合¹¹の勧告および国際無線規則¹²にもその管理手順は示されており、国際条約上の効力を持ち、国際的に認められた遭難および無線通信安全システムである。

しかし、かつての船舶無線通信士が行っていた人為的なきめ細かいフォローが GMDSS 機器制度には十分に包含されていない。法的にも、SAR 条約では「搜索救助通信は GMDSS の一部であるから他の船舶 (非 SOLAS 対象船 (漁船など)) も同じく GMDSS の恩恵を得られなければならない」とされていることから、GMDSS 技術は、遭難船がどこでも常に遭難警報が聴けて、そして応答できることを保証しなければならない。そのためには、技術・操作の標準や勧告の国際的な整合を図るとともに、船舶と陸上双方において、周波数の使用を世界的にさらに調和させることが必須の条件である。

現行 GMDSS は、M-GMDSS (Modernized-GMDSS) への見直しが行われ、2012 年に IMO の MSC で「SOLAS 改正の計画 M-GMDSS」が承認された。計画では 2022 年に改正案を採択し、2024 年に新 SOLAS の実施の予定であるが、COVID-19 の影響で審議が遅れ

¹¹ 国際連合の専門機関の一つであり、国際電気通信連合憲章に基づき、無線通信と電気通信分野において各国間の標準化と規制の確立を図っている。

¹² 国際電気通信連合憲章 (ITU 憲章) および国際電気通信連合条約 (ITU 条約) を補足する規則であり、各国の無線通信業務に関する法律および無線周波数の利用を規制している。

ている。

4.2 必須とされる機能要件

GMDSS の見直しに当たっては、SOLAS（第 IV 章第 4 規則）において要求されている機能要件が満たされているかどうかを検証しなければならない。すなわち、航海中のすべての船舶は以下の能力を有する必要がある。

- (1) 異なった無線通信サービスを使って少なくとも 2 つの分離された独立した設備で船舶から陸上に遭難警報を送信すること。
- (2) 陸上からの遭難警報を受信すること。
- (3) 船舶間の遭難警報を送信し、受信できること。
- (4) 捜索および救助のための調整に関する通信を送信し、受信できること。
- (5) 遭難現場の通信を送信し、受信できること。
- (6) 位置の探知のための信号を送信し、レーダーによりその信号を受信できること。
- (7) 海上安全情報¹³を送信し、受信できること。
- (8) 陸上の無線体制または無線通信網への一般無線通信送信し、これらのネットワークから一般無線通信を受信できること。
- (9) 船舶の船橋間の通信を送信し、受信できること。
- (10) 国際船舶港湾施設セキュリティー・コードの要件に従った、保全関連通信の送信と受信。

4.3 現有制度の見直しと機器の改良

4.3.1 4 つの異なった海域のための搭載要件の定義見直し

現行制度では、航海地域、すなわち通信可能な周波数の到達距離による範囲を 4 分類（A1～A4）した海域を基準に、機器の搭載要件が決められている。

この中で、特に衛星通信に依存する A3 海域については、衛星システムの通信範囲が関係する。近年の通信衛星の発達によって、従来よりも高緯度まで通信が可能な衛星通信サービスプロバイダーが参入しているため、これまではインマルサット衛星一社が指定されていたものを「承認された衛星事業者」に変更し、各船舶が搭載している衛星通信機器の範囲を A3 海域、それより外側を A4 海域とする必要がある。つまり、インマルサット衛星によるカバレッジという地理的に固定した A3 海域の定義から、船舶毎にその搭載する衛星通信システムによって A3 海域を定義することに変更する。

4.3.2 海域定義が変えられた場合の旗国管理（PSC）¹⁴の手続き

将来、衛星サービスプロバイダーが認定されるならば、船舶の安全無線証明書は、船舶が運行するのを許される地理的な海域を定義する必要がある。すべての異なった静止衛星通信サービスプロバイダーでカバーされる地理的な海域の詳細は GMDSS 基本計画で指定されることになる。このように自由度を上げることで、現行制度との整合性を図ることができる。

¹³ 航海、気象警報、気象予報、及びその他の船舶に向けて放送する緊急安全関連メッセージ

¹⁴ 船舶の船籍国（旗国）による監督を補完する立場から、外国船舶の入港を許可した国（寄港国）が、その外国船舶に対して、国際基準を遵守しているかどうかを検査することをいう。

4.3.3 既存装置の改良

GMDSS の導入時から今日までの間に以下に挙げるような多くの新しい通信技術とシステムが開発された。新技術を採用することによって次のような改善を図ることができる。

(1) AIS (「用語集」参照)

全く新たに開発された技術であり、多くの性能基準も改正されているが、AIS を応用した技術も増えている。関連規則の整合が必要とされる。

AIS には、国際航海用の Class A の他に、非 SOLAS 内航船、漁船用の Class B(SO or CS)、陸上との情報交換用の AIS 基地局、中継用の AIS レピーター局、疑似標識としての航路標識 AIS、搜索救助用 AIS-SART、衛星利用の Satellite-AIS などがあり、従来の機器に加えて応用範囲を広げることができる

(2) HF 電子メールとデータシステム

従来遠距離通信の主役であった短波帯は衛星通信の発達で用途が減ったため、余裕ができた短波帯を利用したデジタル通信による電子メールやデータ通信の技術も可能となってきた。電波の有効利用を通信手段の多様化が期待できる。

(3) VHF データシステム

VHF 帯を利用した AIS の応用で、デジタルメッセージを送信することが可能となっている。AIS のアプリケーションで特定メッセージの拡大活用、多量データの送受信が可能である。

(4) NAVDAT (500kHz あるいは HF)

500kHz のモールス電信通信が廃止されて、中波帯の用途が減ったため、これをデジタル通信に利用することが可能となった。電波の有効利用を通信手段の多様化が期待できる。

(5) 近代人工衛星通信技術

多くの衛星通信が発達して技術も向上した。測位衛星 (GNSS) (「用語集」参照) だけでも計画中を含め、米国の GPS、ロシアの GLONASS、中国の BeiDou (北斗)、欧州のガリレオ、インドの IRNSS、我が国でも地域限定のみちびきがある。

これらがすべて完成する 2020 年代半ばには、地球を回る測位衛星の総数は、予備機も含めると 130 機を超えることになり、情報の安定性と選択枝の拡張ができる。

(6) 追加の GMDSS 衛星通信サービスプロバイダー

5 社が名乗りを上げている。

(7) 生存筏の携帯衛星電話

従来の VHF 無線電話だけでなく衛星通信を利用した携帯電話が可能である。利用範囲の拡張が期待できる。

(8) 生存筏の、DSC と GNSS を備えた携帯 VHF

従来の電話機能に加えて、DSC や測位機能も追加でき、デジタルデータが活用できるようになる。

(9) 船員海中転落探知装置

船員が海中に転落したときに、搜索を容易にするために遭難者の位置表示を可能にし

て生命の安全を守るとともに、捜索に係わる船の効率ロスを防ぐために必要とされる。

これによって、従来の手段では不可能であった捜索が可能となる。

(10) COSPAS - SARSAT MEOSAR システム

従来の COSPAS - SARSAT システム（「用語集」参照）は EPIRB の位置確認までに時間を要したが、より早く確認できるように軌道衛星のシステムが開発された。これにより、捜索救助活動の効率が向上する。

(11) AIS と GNSS を備えた EPIRB

従来、EPIRB は自ら発する測位データや情報を備えていなかったが、技術の発展で組み込み可能となっているため、捜索救助活動の効率向上が期待できる。

5. 新技術の導入 ～新規採用の技術と機器/IMO での審議～

GMDSS 制度の中で大きく変わる予定（起稿時点）の機種を紹介する。

5.1 AIS-EPIRB

非常用位置指示無線標識（EPIRB）（「用語集」参照）自体は、位置情報を備えておらず、低軌道衛星により EPIRB からの電波のドップラー効果による周波数シフトを観測し、その情報から EPIRB の位置（すなわち遭難現場）を計算するシステムである。従って、EPIRB の電波を衛星が探知してから警報を確認するまでに時間を要する。

一方、電波航法機器の船舶自動識別装置（AIS）は用途の目的が異なり、GNSS 受信機を備えていて自動的に他船等に自船位置情報も送信する機能がある。

最近の EPIRB は、GNSS 受信機を内蔵しているものが多く、このタイプの EPIRB では位置情報を静止衛星経由で RCC に送ることができるので、迅速な捜索・救助活動が可能となる。この両者を一体化する提案に対して、IMO の NCSR 委員会で、EPIRB に AIS 機能を許容するため、生産・普及性や型式承認検査、捜索救助を行う航空機の運用の影響などや、さらには AIS-SART などとの関係も検討されている。

5.2 Man Overboard Devices 関連

航海中に船員が海中に落下して気づくのが遅れた場合に、落下した人の救助は生命にかかわることであり、早急な探索が必要である。また船上でも、いつ落下したかわからない場合にはどのくらい時間を経過したのか、どこまで戻って探さなければならないのか判断がつかないと、広範囲な行動となり、船舶の運航効率に影響を及ぼす。

船員海中転落探知機器（MOB : Man Overboard Device）（「用語集」参照）は、救命胴衣などに装着されるコンパクトな機器で、GNSS 機器が内蔵されており、AIS-SART の技術を利用して落水者の付近の船の AIS 画面あるいは ECDIS（電子海図表示装置）画面に重畳して落水者の位置を表示し探索効率を向上させることができる。

5.3 HF E-mail and data systems

このシステムは、短波（HF）帯を利用して E-mail やデータ通信を行う技術で、PC で作成されたメール（データ）は、専用モデムによって、デジタル信号を伝送路の特性に合わせた信号にデジタル変調し、短波無線機から送信するものである。受信した海岸局がプロバイ

ダーとなり、インターネット回線に接続する。衛星経由での E-mail やデータを送受信する際の通信費用に比べ安価とされる。

船上システムでは、搭載されている HF/MF 送受信機とアンテナに、専用のモデムと PC のアプリケーションソフトを接続することにより構成する。

HF 帯による通信は電離層反射を利用して信号が送られるため、昼と夜では電離層の状態が異なるために伝わり方が変化し、通信速度に影響する問題がある。

ネットワーク・サービス・プロバイダーは、使用する海岸局の HF 周波数表を提供する。

現在、サービスを提供しているプロバイダーとしては、Globe Wireless 社(アメリカ)、Swiss.com (スイス) などがある。Globe Wireless 社は、世界 24 か所の海岸局に 300 チャネルを有し、15 年以上にわたり 4,000 隻以上の船舶にサービスを提供している。利用料は通信に必要な時間ではなく、送信するメッセージサイズによって決まる。

5.4 新規参入の衛星航法システム/サービスプロバイダーの概要

5.4.1 概要

衛星移動通信 (MSS : Mobile Satellite Service) は、地上または船舶などに設置した無線局 (地球局) から人工衛星を経由しての他の無線局 (地球局) との通信である。従来、海上通信を提供していたのはインマルサット社であったが、衛星移動通信はさまざまな人工衛星により通信を行っており、通信エリアは全国各地域と海上のほとんどをカバーしている。

海上通信に参入可能な衛星は、衛星の軌道によって、静止衛星、準天頂衛星、周回軌道衛星のいずれかの方式によって、通信 (中継) が可能である。

5.4.2 衛星の種類と通信システム

(1) 静止衛星 (GEO: Geostationary Earth Orbit) Satellite

地上から見ると衛星がいつも同じ位置に止まって見える人工衛星のことをいう。

静止衛星の場合、衛星 3 機~4 機でほぼ地球全体をカバーできる。

現在、実用されている通信や放送のシステムは、ほとんど静止衛星を利用したものである。

静止衛星を用いる主な通信システム (「用語集」参照) は、インマルサット通信システム、VSAT 通信システム、N-STAR 通信システム、Omni-Tracks 通信システム、きずな (超高速インターネット衛星) などである。

(2) 周回軌道衛星 (Geocentric Orbit : GCO)

周回軌道衛星は長楕円、中高度、低高度の 3 つの軌道に分けられ、静止軌道に比べて衛星高度が低いので、電波の伝搬遅延を小さくすることができ、より円滑に音声などの通信が可能なのが特徴である。

周回軌道衛星を用いる主な通信システム (「用語集」参照) は、Global star 衛星移動通信システム、Orbcomm 通信システム、RIDIUM 通信システムなどである。

(3) COSPAS-SARSAT MEOSAR¹⁵ System

COSPAS-SARSAT System (「用語集」参照) は、捜索救助を支援するため、遭難時

¹⁵ MEOSAR : Medium Earth Orbit Search and Rescue (中軌道衛星)

に発射される捜索救助用ビーコン（EPIRB）（「用語集」参照）の遭難信号の位置を衛星により計算し、その情報を捜索救助機関に配信する。

2000 年より、米国、欧州（EC）及びロシアが、中高度軌道のナビゲーション衛星に 406MHz 帯の捜索救助機器を搭載し、新しい捜索救助システム（MEOSAR system）（「用語集」参照）として用いることを検討し始めた。

MEOSAR system には、次のような利点がある。

- ・ほぼ全地球をカバーでき、捜索救助用ビーコンに GPS 等の測位装置が内蔵されていなくても、ビーコンの位置が計算できる。
- ・捜索救助用ビーコンから衛星までの通信リンクが GEOSAR system より強固であり、かつ、十分な数の衛星が存在し、ビーコンからの電波を受信できる可用性が高くなる。
- ・捜索救助用ビーコンから衛星までの間の障害物に左右されない。
- ・新規の拡張機能（リターンリンク¹⁶機能など）が提供可能となる。リターンリンク機能により、遭難者は遭難信号が受信され、捜索活動が開始されたことを知ることができる。

このような利点を認識し、COSPAS-SARSAT 理事会は、MEOSAR system の導入準備を開始することを正式に決定した。しかし、当初は 2013 年 10 月に暫定仕様が決定する予定であった第 2 世代ビーコンの仕様に関して、COSPAS-SARSAT の国際会議において、現行の LEOSAR / GEOSAR も使用できるように従来の仕様の上位互換を中心に提案しているグループと、従来の衛星は無視し MEOSAR のみにより対応することで完全にビーコン仕様を変えることを提案しているグループとがあり、意見調整中である。

6. おわりに

電波を利用した海上通信および船用機器はこの一世紀半ほどの間に大きな発展を遂げ、海事産業に多大な貢献をもたらしたが、併せて、追従する規則改正も頻繁に行わなければならない状態であった。

本稿では、SOLAS 条約の下に船舶の安全・人命の安全のために実施されてきた、主に GMDSS の制度の変遷について述べてきた。

冒頭でも触れたように、近代の船舶の船体、装備、運用などは、安全を目的とする国際条約から始まったもので、世界共通に普及できなければならないという制約がある。

今日までの改革においても、今後においても、海難あるいは、使用上の不具合からの「改善要求」⇒「技術開発」⇒「IMO への提案」⇒「実効性と普及性の審議」の手順を取ることが前提となる。

さらに IMO での審議は、当該技術開発が安定生産・供給につながるか、経済的弊害にならないか、一社独占にならないか、検査設備等国の管理が遍く可能で一国独占にならないか、等々の調査と論議が重ねられて、国際合意の下に初めて施行されるので年月を要する。

¹⁶ 逆方向リンク

これまでに述べてきたことは、SOLAS 改正に至る過程を解説したもので、現在進行中の案件もあり結論には至っていないが、ほぼ合意が見えてきていると考え、紹介した。

今後の予定では、2021 年の IMO SOLAS 第Ⅲ章および第Ⅳ章の改正と、他の既存の規則への重要な修正を最終とし、2021 年～2022 年に IMO MSC で SOLAS の改訂と関連規則の承認、2024 年に改正 SOLAS の発行が行われる予定となっている。

【参考文献】

- 1) 電波法令集、電気通信振興会、2010.4
- 2) 海事六法編纂委員会編、海事六法、海文堂出版、1960
- 3) 国土交通省海事局安全政策課、2020 年海上人命安全条約：英和对訳、2020.5
- 4) Performance Standards for Shipborne Radiocommunications and Navigational Equipment、International Maritime Organization、2016
- 5) 船舶電気装備技術講座(GMDSS)、日本船舶電装協会
- 6) 片山海事技研事務所、周波数帯別の海上通信手段の現状、電子情報技術産業協会海上電子分科会
- 7) IMO MSC Report of MSC、International Maritime Organization
- 8) IMO NCSR Report to MSC、International Maritime Organization
- 9) 小池貞利、海上遭難通信等の現状と将来、日本航海学会誌、163(2005-12)

(完)

用 語 集

AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置または自動船舶識別装置)

VHF 帯で、自己管理型時分割多重接続通信 (SOTDMA : Self-Organizing Time Division Multiple Access) 方式による情報伝送する装置。他の種類と分別して Universal AIS と称することもある。

この方式は使用周波数をスロットの概念で共有し、順次スロットの予約をしながら複数の局が情報を送るものである。一つの船舶 AIS 局からは情報とスロット予約の二種類を同時に送信し、次の局は自船の情報を送ると共に、前の局が予約したスロットを避けながら次の自局の送信に使うスロットを予約するものであり、順次繰り返すと共に同海域にいる複数の船舶局も同様の方式で参加するものである。

通信可能な範囲はおおよそ 20～30 マイル。1 分間を 2,250 個のタイムスロット (1 スロットは 26.67ms) に分割し、2 周波数帯が AIS に用意されているので実質 4,500 個が利用できる。(推測では約 800 隻分)

性能基準 : IMO MSC. 74(69) Annex3 技術規格 : ITU-R M.1371-4。

AIS からの送信情報は 3 種類に分けられる。

(動的情報)

—位置情報 —UTC —船首方位 —対地針路 —対地速度 —旋回角速度
—航海の様態

* 動的データの送信間隔は、船速および旋回角速度に応じて異なる。

(静的情報)

—IMO 番号 —呼出符号と船名 —船の種類 —船の長さ と 幅 —アンテナの位置

(航海関連情報)

—喫水 —危険貨物の種類 —目的地 —到着予定時刻 —航海の安全に関する情報
さらに、安全関連のデジタル・ショートメッセージを送ることができる。

COSPAS/SARSAT

COSPAS/SARSAT System は、遭難時に発射される搜索救助用ビーコン (海上では EPIRB) の遭難信号 (アラート) を衛星で捉え、ビーコンの位置を計算し、その情報を搜索救助機関に配信するための搜索救助を支援するための探査衛星システムで 1979 年に設立された国際衛星システムである。

COSPAS/SARSAT System は、米国、フランス、カナダ、そして当時のソビエト連邦の共同で運用される低地球軌道(LEO)衛星である。

COSPAS の器械は旧ソ連によって造られ、ロシア連邦によって運用されている。

高度 620 マイルと 83 度の軌道傾斜で 105 分ごとに地球を周回する。

衛星は、衛星から地上局が見えるときはいつでも 406MHz と 121.5MHz のアラート (243MHz は受信しない。) のアラートを検出して、伝送を受信し、周波数と時間の測定をリアルタイムで再送信し、406 MHz の信号を受信して再送信する搜索救助中継器を持

ち、また、後で送信するためにそれを格納する検索救助プロセッサも有する。

SARSAT の機器は、米国 NOAA の国家環境衛星として、フランスおよびカナダの協力で運用される、高度 528 マイルで、99 度の傾斜軌道で 100 分ごとに地球を周回する。

406MHz と 243MHz と 121.5MHz のアラートを検出することができる。

衛星はまた、受信した各 406 MHz 信号を保存し、世界中の地上局がそれを受け取ることができるように、最大 48 時間このデータを継続的にダウンロードする。

EPIRB (Emergency Position-Indicating Radio Beacon : 非常用位置指示無線標識装置)

COSPAS/SARSAT 搜索救難システムに用いられる遭難救助用ブイ。

遭難の際このブイのスイッチを入れるか、沈没の場合は水圧(4m 以上の水圧)を感知すると本体が自動的に離脱浮揚し電波が発射される。

送信機は 406MHz 帯（およびホーミング用の 121.5 MHz）の機電波を自動発射し、COSPAS/SARSAT 衛星は、その電波を受信して 1.5GHz で、地上局(LUT)に向けて送る。LUT にて解読された EPIRB の位置を含む情報は、救難調整センター(RCC、日本の場合は海上保安庁)に送られ、航空機、船舶などによる搜索救難活動が開始される。

406 MHz の送信信号には、識別符号(船舶の国籍・ID 番号、発信機の種類等)が含まれ、約 50 秒毎に、48 時間以上発信し続ける。

Globalstar グローバルスター

グローバルスターは米国の衛星通信会社が出資し合って運営する会社で、連邦通信委員会から種は数の割り当てを獲得して、数個の衛星を打ち上げている。

GNSS (Global Navigation Satellite System : 全世界測位システム)

衛星航法システムの総称である。

1964 年に米国が、高精度の宇宙用原子時計を搭載した実験衛星の開発を開始。GPS に代表される人工衛星航法システム。

1980 年代初頭から、米国防総省は SA (Selective Availability、選択精度劣化措置) という運用ポリシーを立て、軍用に暗号化されたコード P コード (Precision Code) を適用し、民間の測位機器には利用できないようにして、民間には C/A コード (Clear and Acquisition Code) と称して精度を SA 劣化させて開放した。しかし、当初は軍事目的であったが、世界的な普及増加に鑑み、当時のクリントン政権は 2000 年 5 月 2 日 SA を解除し開放した。

同時期にソ連もグローナス (GLONASS : Global Navigation Satellite System) を開発。欧州連合では GPS や GLONASS が米国やソ連の国の軍事的影響が大きいため、欧州連合独自の衛星システムを開発しガリレオ(Galileo)と命名した。

2000 年には中国最初の試験衛星北斗 (BeiDou) 1A を打ち上げた。国内利用から初めて、2016 年 3 月現在、軌道上では第 2 世代と第 3 世代を合わせて 19 機の BeiDou 衛星が運用されている。予定では 2020 年に 35 機すべての衛星を稼働させて、全世界的なサービスを開始することになっている。

2006 年には、インド独自のインドの国土とその周辺にサービスを提供する衛星測位システム「IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System、インド地域航法衛星

システム)」の開発を開始した。

日本では、日本及びアジア太平洋地域向けに利用可能とする**準天頂衛星システム**（QZSS : Quasi-Zenith Satellite System）を 2010 年 9 月 11 日打ち上げた。2018 年に 4 機体制でシステムを運用開始し、さらに 2023 年に衛星 3 機を追加して 7 機体制で運用することとなっている。

2020 年代半ばには、地球を回る測位衛星の総数は、予備機も含めると 130 機を超えることになる。

INMARSAT インマルサット通信システム

赤道上空 36,000km に配置されている静止衛星。衛星との間の周波数には、移動体通信に適した L バンド（1.6/1.5GHz）が使用され、日本では KDDI が山口地球局を用いて地球局運用者としてインマルサットサービスを提供している。

現在、第 4 世代衛星による新サービスが行われており、陸上用として BGAN

（Broadband Global Area Network）、海上用として FB（Fleet Broadband）が提供されている。

Iridium イリジウム通信システム

Iridium Inc.は、1998 年に低軌道周回衛星によるサービスを開始したが、翌 99 年には破産した。その後、2000 年に新生イリジウム（Iridium Satellite LLC）が事業承継し、日本国内では KDDI が 2005 年に事業を再開した。

上空 780km を周る 66 基の周回軌道衛星を使用し、北極・南極を含むほぼ全世界で利用できる。低軌道のため、遅延の少ない自然な会話が可能となっている。

イリジウムは非常対策用および有事の利用として、ハンドヘルド型の端末が主流であるが、KDDI では、海上通信用として船舶用小型アンテナで、3 回線の電話と最大 128kbps（ベストエフォート）のデータ通信が同時に利用できる、イリジウムオープンポートサービスも提供している。

MEOSAR 中軌道衛星

中軌道衛星は、地上から 500～2,000km 程度の高度で周回する低軌道衛星と、約 36,000km の軌道で地球の自転と同じ角速度で地球を回る静止衛星との中間高度の 8,000～20,000km を周回する中高度軌道（MEO : medium earth orbit）衛星の軌道の総称である。

現在 GPS（米）、Galileo（EU）、Glonass（ロシア）などがある。

N-STAR エヌスター

N-STAR は、NTT/NTT ドコモによって 1995 年に一号が打ち上げられた通信衛星である。

NTT ドコモは国内全域を対象とした衛星移動電話サービス「WIDESTAR」の運用のために、NTT は災害発生時などの緊急通信手段として N-STAR を運用している。

N-STAR は高速通信大域 Ka バンドを使用し、IDSN 通信網用に Ka と Ku バンド¹⁷を、

¹⁷ IEEE のマイクロ波帯の分類で、Ku:12GHz～18GHz、Ka:26GHz～40GHz の電波で衛星 TV、衛星通信に利用される。

離島間の通信用に C バンドや S バンドを用いている。

WIDESTAR は、静止軌道衛星を使い、日本周辺 200 海里(370km)までのエリアをカバーする衛星携帯電話である。

衛星軌道高度は 36,000km で、衛星は 2 機。衛星は次の位置の赤道上にそれぞれ存在する。

Omni-Tracks オムニトラック

オムニトラックは米国の移動体通信の設計開発を行う企業の Qualcomm, Inc. が 1969 年に開発した低速データ伝送の通信・測位システムである。

長距離トラックの位置情報管理などに使われている。位置情報は GPS だが情報伝送に利用される。

周波数は 14GHz~14.4GHz が使用されている。

ORBCOMM オーブコム

オーブコムはデータ通信に用いる衛星で 衛星は軌道高度 775km 軌道傾斜角 45° および 90° 軌道面数 3 と 1 低軌道衛星 26 機で全世界カバーする。

周波数は UP リンク 148MHz~150.5MHz、Down リンク 137MHz~138MHz で運用している。

SAR 条約

1958 年に国連の下部機関として IMCO (Intergovernmental Maritime Consultative Organization : 政府間海事協議機関) 条約が発効し、海事関係の条約の審議は IMCO で取り扱うこととなった。IMCO の下に、海上捜索救助に関する国際条約 (International Convention Maritime Search and Rescue: SAR) 制定の方針が決定され、1985 年の 6 月 22 日に発効した。SAR 条約を効果的に運用するため、遭難および安全のための通信網を確立し、整備することが必要であることが認識されて、IMCO に対して、将来の全世界的な海上遭難安全システム (Future Global Maritime Distress Safety System : FGMDSS) の開発が要請された。IMCO は 1983 年から国際海事機関 (International Maritime Organization : IMO) と名称を変え、IMO で正式に FGMDSS の検討を開始し、1988 年に SOLAS の改正で GMDSS の導入が決まった。

VSAT ブイサット通信システム

多くの Ku バンド静止衛星 (アップリンク 14 GHz 帯、ダウンリンク 12GHz 帯) が、2~3 度の間隔で赤道におよそ 36,000km 上空に配置され、Ku バンド衛星の限定的な電波到達範囲を補完している。(直径 2.5m 以下の超小型アンテナを用いた地球局を VSAT (Very Small Aperture Terminal) 地球局と呼ぶ。)

通信速度は最大 1 Mbps と従来の 128 kbps 程度のデータ伝送に比べて、ストレスを感じさせない環境でデータ通信が可能となる。通信料金は、定額課金制を採用している。